

DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE MAÍCES NATIVOS (*Zea mays* L.) EN EL ALTIPLANO DE TAMAULIPAS, MÉXICO

DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF NATIVE MAIZE VARIETIES (*Zea mays* L.) IN THE HIGHLANDS OF TAMAULIPAS, MÉXICO

González-Martínez, J.¹, Rocandio-Rodríguez, M.^{1*}, Chacón-Hernández, J.C.¹, Vanoye-Eligio, V.¹, Moreno-Ramírez, Y del R.¹

¹Instituto de Ecología Aplicada. Universidad Autónoma de Tamaulipas, División del Golfo 356, Col. Libertad, Cd. Victoria, C.P. 87019. Tamaulipas, México.

*Autor para correspondencia: mrocandio@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

La región Centro-Sur de Tamaulipas, México, presenta diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.), que no han sido explorados ni estudiados suficientemente, y cuyas poblaciones deben ser recolectadas para su conservación, caracterización y aprovechamiento en programas de mejoramiento genético. El objetivo del trabajo fue explorar y analizar la diversidad genética en el altiplano Tamaulipeco, con la finalidad de conocer la distribución y variación morfológica de variantes nativas de maíz. Las recolectas se realizaron de junio 2016 a enero de 2017. Se obtuvieron 91 poblaciones para su caracterización y registraron los datos pasaporte de cada accesión. Se usaron 10 mazorcas representativas de cada accesión para obtener información de los caracteres cuantitativos de cada población, posteriormente se realizó la identificación racial con base a características de la mazorca. Se utilizó un análisis de componentes principales para agrupar las razas en función de las variables evaluadas, y los dos primeros componentes principales explicaron 57.3% de la variación total. El 67.4% de las accesiones se encontraron en localidades de altitudes intermedias (razas: Celaya, Chalqueño, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño Norteño y Vandeño). Se identificaron once razas nativas, y la raza predominante fue Ratón con 43 poblaciones.

Palabras clave: Agrobiodiversidad, criollos, maíz, razas locales

ABSTRACT

The center-south region of Tamaulipas, México, is characterized by presenting diversity of native maize varieties (*Zea mays* L.), which have not been explored or studied sufficiently and whose populations should be collected for their conservation, characterization and exploitation in genetic improvement programs. The objective of the study was to explore and analyze the genetic diversity in the highlands of Tamaulipas, with the aim of understanding the distribution

and morphological variation of native maize varieties. The collections were made from June 2016 to January 2017. Ninety-one (91) populations were obtained for their characterization and the passport data from each accession were recorded. Ten representative corn cobs were used from each accession to obtain information about the quantitative traits of each population; then the racial identification of each collection was performed by classifying experts based on the characteristics of the corn cob. A principal components analysis was used to group the races in function of the variables evaluated, and the two first principal components explained 57.3 % of the total variation. Of the accessions, 67.4 % were found in localities of intermediate altitudes (landraces: Celaya, Chalqueño, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño Norteño and Vandeño). Eleven native races were identified, and the predominant race was Ratón with 43 populations.

Keywords: Agrobiodiversity, Creole, maize, local races.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) ha formado parte del sistema alimentario en México desde épocas prehistóricas, su diversificación, domesticación y productividad mantienen estrecha relación antropocéntrica (Zizumbo-Villareal *et al.*, 2014). La amplia variación morfológica y genética identificada en maíz se ha asociado a múltiples factores, tales como las direcciones diferenciales de selección, versatilidad de formas de uso, preparación culinaria, agrosistemas de producción y adaptación, entre otros factores, los cuales en conjunto han generado 59 razas distribuidas en un amplio rango geográfico-ambiental (Eakin *et al.*, 2014). Cada una de ellas constituye un recurso fitogenético importante (Sánchez *et al.*, 2000; Sierra *et al.*, 2010). Sin embargo, pese a ser el maíz uno de los cultivos con mayor cantidad de estudios desde socioeconómicos hasta genéticos, requiere incorporar la perspectiva nacional y estatal relacionada a los patrones de diversidad que permitan identificar áreas prioritarias y organizar esfuerzos de conservación *in situ* a partir de la identificación, uso y mantenimiento del germoplasma nativo (Perales y Golicher, 2014). Tamaulipas posee una amplia región con ap-

titud agrícola importante, tanto a nivel productivo como económico (Reyes *et al.*, 2007) y cuyo complejo de agrosistemas dedicados al cultivo de maíz se establece a través de seis regiones que conforman el estado: La Franja Fronteriza, Los Llanos de San Fernando, Región Alta del Poniente, Cuenca Central y la región Sierras del Suroeste dentro del Altiplano Tamaulipeco (SIAP, 2012). La economía agrícola de esta última zona es fundamentalmente de subsistencia y es considerada de alta vulnerabilidad a heladas y sequías (Zorrilla, 1994); sin embargo, mantiene diversidad de germoplasma nativo con alto potencial de rendimiento (Pecina *et al.*, 2009). El germoplasma de maíz nativo es por su alto potencial de rendimiento, un factor que ha incidido en su mantenimiento y conservación por los productores (Pecina *et al.*, 2011). Sin embargo, se ha identificado que el germoplasma nativo de Tamaulipas presenta riesgo de degradación o pérdida. Algunos estudios que suman importante información a esta problemática son los de Pecina *et al.* (2009); Pecina *et al.* (2011); Pecina *et al.* (2013); Castro *et al.* (2013); sin embargo, no existe continuidad en la valoración genética del germoplasma nativo junto a la información desactualizada relacionada con su diversidad, tanto racial, como morfo agronómico. El desconocimiento del valor potencial de la variabilidad, así como la falta de caracterización podría estar incidiendo en bajo aprovechamiento del germoplasma, así como de afirmaciones de la inexistencia de diversidad de maíz en Tamaulipas (Pecina *et al.*, 2011). Aunado a lo anterior, existen problemas de carácter socioeconómico, cambio de uso de suelo, mayor promoción de híbridos y variedades comerciales por programas de desarrollo, además de factores meteorológicos adversos que reducen las cosechas y semillas de las variedades nativas, y condicionamiento de la siembra y producción del siguiente año (Arias *et al.*, 2007), se realizó una exploración de la diversidad genética de maíces nativos en el altiplano Tamaulipeco, para conocer su distribución y variación morfológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el periodo comprendido de junio de 2016 a enero de 2017 se realizaron recolectas de maíz nativo, en los municipios de Miquihuana, Bustamante, Tula, Jaumave y Palmillas, ubicados en la parte sur del estado de Tamaulipas, región denominada como el Altiplano de Tamaulipas. Se empleó el muestreo sistemático (Murray, 1988) para determinar las localidades de recolecta. Se obtuvo un promedio de 25 mazorcas por genotipo para su caracterización, y se registraron sus datos pasaporte (Taba, 1999). La observación y comparación de las

características del conjunto de mazorcas de cada accesión, permitió su clasificación racial acorde a los criterios de expertos clasificadores. Posteriormente, se midieron 10 mazorcas representativas de cada accesión para registrar el número de hileras de la mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH) de cada mazorca, diámetro de la mazorca (DM, cm), longitud de mazorca (LM, cm) y conicidad (CON) registrada de acuerdo con lo propuesto por Ordás y Ron (1988). Las variables de longitud (LG, mm), anchura (AG, mm) y espesor de grano (EG, mm) fueron evaluadas en 10 granos de cada mazorca y se obtuvo el promedio. Se formó una muestra con 100 granos de 10 mazorcas y se obtuvo su peso (P100G, g); los mismos 100 granos se colocaron en una probeta y se registró el volumen (V100G). En la evaluación se consideraron las relaciones de DM/LM en mazorca, para el grano AG/LG y EG/LG.

El mapa de distribución de los maíces nativos se realizó a partir de las coordenadas geográficas de cada accesión

y se incluyó su clasificación racial, y variantes intermedias entre los grupos raciales. Con los promedios de cada variable por población se realizó el análisis de Componentes Principales. La estructura de la correlación de las variables se obtuvo con el análisis biplot (Gabriel, 1971) que permitió discernir la diversidad de las poblaciones a través de los planos determinados por los componentes principales uno y dos. Se realizó un análisis de conglomerados con datos estandarizados a la distribución normal (0, 1), con distancias taxonómicas y el método de ligamiento promedio (UPGMA). Estos análisis se efectuaron con los paquetes estadísticos SAS V.9.0. (SAS Institute, 2002) y NTSYSp[®] V.2.21 (Rohlf, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 91 poblaciones nativas de maíz (Figura 1). El municipio de Tula aportó el 42.4% del total de las poblaciones localizadas, seguido de Jaumave (37%), Miquihuana (9.8%) y Palmillas (10.9%). Caso contrario al municipio de Bustamante en el cual los productores

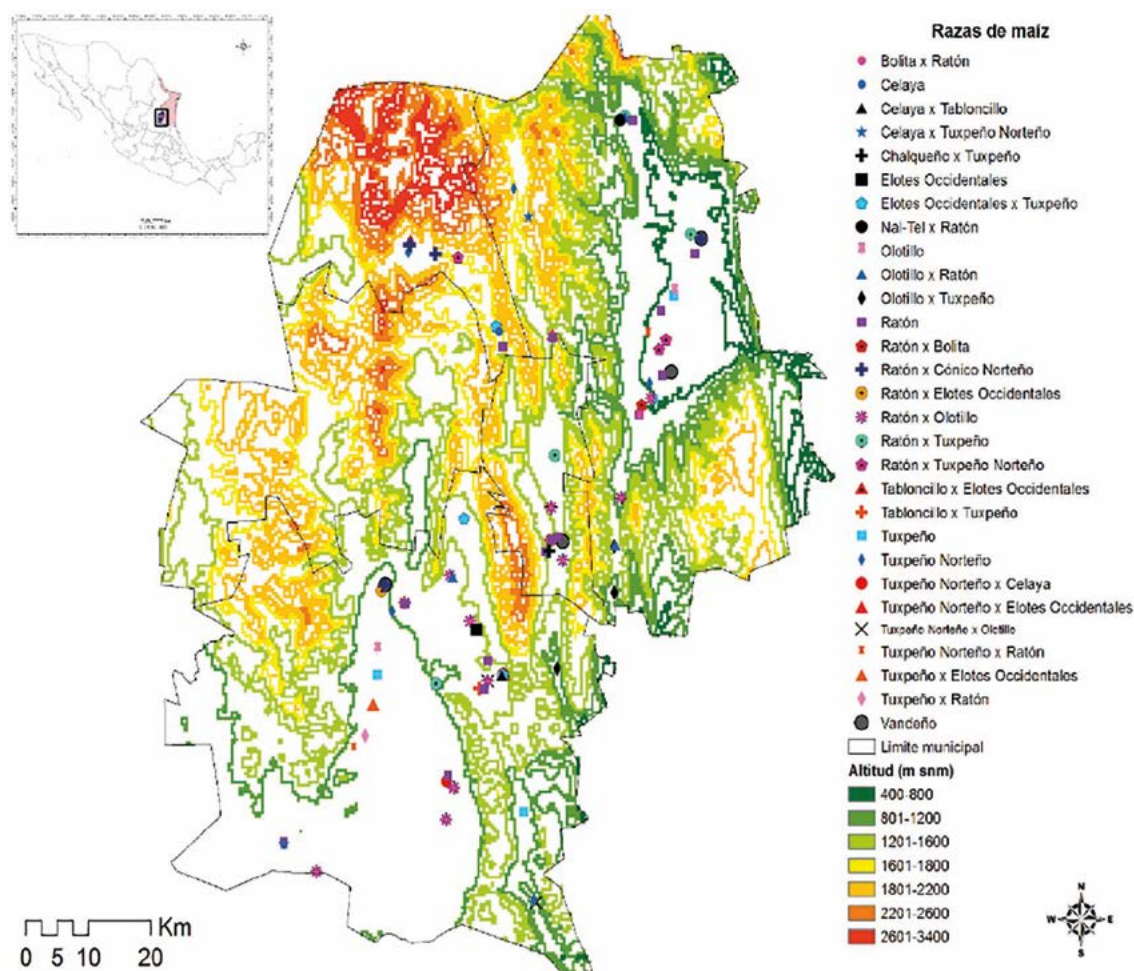


Figura 1. Distribución geográfica y altitudinal de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) con base en su clasificación racial localizadas en el Altiplano de Tamaulipas, México.

reportaron pérdidas totales de su cosecha debido a la intensa sequía; sin embargo, no se excluye la presencia de germoplasma nativo por registro oral de éstos. Con la localización geográfica y la clasificación racial se elaboró el mapa de distribución geográfica de los maíces nativos del Altiplano Tamaulipeco. Se identificaron once razas distribuidas en un amplio gradiente altitudinal. El 26.1% correspondió a las razas Bolita, Nal-Tel, Olotillo, Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Vandeño las cuales se localizaron en altitudes bajas (<1000 m). El mayor porcentaje (67.4%) se registró en altitudes intermedias y correspondió a las razas Celaya, Chalqueño, Elotes Occidentales, Olotillo, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño Norteño, y Vandeño junto con seis poblaciones cuya distribución se presentó en altitudes superiores a 1801 m. La raza predominante en el Altiplano fue Ratón quien aportó el 38.2% del total.

Las razas Celaya, Olotillo, Ratón, Tuxpeño y Vandeño se presentaron en su versión típica, contrario a las razas Bolita, Elotes Occidentales, Tuxpeño Norteño, Chalqueño, Tabloncillo y Nal-Tel se encontraron en formas intermedias (Figura 1). El análisis de Componentes Principales mostró que el 72% de la variación total fue explicado a través de los tres primeros componentes principales con 38.3%, 19.0% y 14.3% (CP1, CP2 y CP3, respectivamente). De acuerdo con el valor de sus vectores, las variables sobresalientes en el primer componente fueron LG, NGH

y LM, mientras que para el componente dos, las relaciones AG/LG, DM/LM además del NHM. En tanto que el tercer componente, las características de EG, la relación de DM/LM y el P100GG (Cuadro 1).

En la Figura 2 se observa la dispersión poblacional sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales que en conjunto explicaron 57.36% de la variación total. El primer componente presentó una mayor asociación con LG, LM, NGH, así como P100G y V100G. El segundo componente explicó la contribución de la relación AG/LG, así como de la relación de DM/LM, aunque esta última se presentó de forma negativa. Las características asociadas al tamaño y forma de la mazorca incidieron con mayor magnitud en la variación poblacional observada. Las poblaciones se distribuyeron a través de los cuatro cuadrantes (Figura 2), presentándose en diferentes direcciones a partir del origen. La amplia variabilidad de características de tamaño y forma tanto de grano como de mazorca contribuyó a definir la riqueza racial de los recursos genéticos de maíz del Altiplano.

El grupo Ratón, Ratón-Tuxpeño Norteño, se ubicó en el cuadrante negativo de ambos Componentes; por otra parte, en el cuadrante positivo de los dos componentes se ubicaron los grupos Ratón-Olotillo, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño.

Se identificaron seis grupos entre las accesiones (Figura 2). El Grupo 1 se formó con 16 poblaciones pertenecieron a las razas Nal-tel, Ratón, Olotillo, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño, Elotes Occidentales y Tuxpeño. El Grupo 2 se formó con 12 poblaciones de tipo Ratón, Vandeño, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño y Olotillo, cuya variable de mayor importancia en su asociación y distribución fue la relación DM/LM; y el tercer agrupamiento fue definido por 17 poblaciones con las razas Celaya, Ratón, Vandeño, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Elotes Occidentales, resaltando que este Grupo presentó los mayores valores de DM, NHM y LG. Dos poblaciones formaron al

Cuadro 1. Valores y vectores propios de los componentes principales (CP) que describen la variación morfológica de maíz nativo del Altiplano Tamaulipeco.

Variables	CP1	CP2	CP3
Número de Hileras por Mazorca	0.0566	-0.3683	0.1593
Número de Granos por Hilera	0.3501	0.0865	-0.3115
Longitud de Mazorca	0.3504	0.1878	-0.1664
Conicidad	-0.0458	-0.1420	0.2405
Diámetro de Mazorca	0.3193	-0.2237	0.2805
Diámetro de Mazorca/ Longitud de Mazorca	-0.1383	-0.3770	0.4312
Anchura de Grano	0.3010	0.3541	0.1083
Longitud de Grano	0.4055	-0.1370	0.0435
Espesor de Grano	-0.0409	0.3222	0.4974
Espesor de Grano/ Longitud de Grano	-0.3119	0.2868	0.2817
Anchura de Grano/ Longitud de Grano	-0.1921	0.4985	0.0574
Peso de cien Granos	0.3465	0.1151	0.3234
Volumen de cien Granos	0.3425	0.1315	0.2814
Valor propio	4.98	2.47	1.86
Varianza explicada (%)	38.32	19.03	14.34
Varianza acumulada (%)	38.32	57.36	71.70

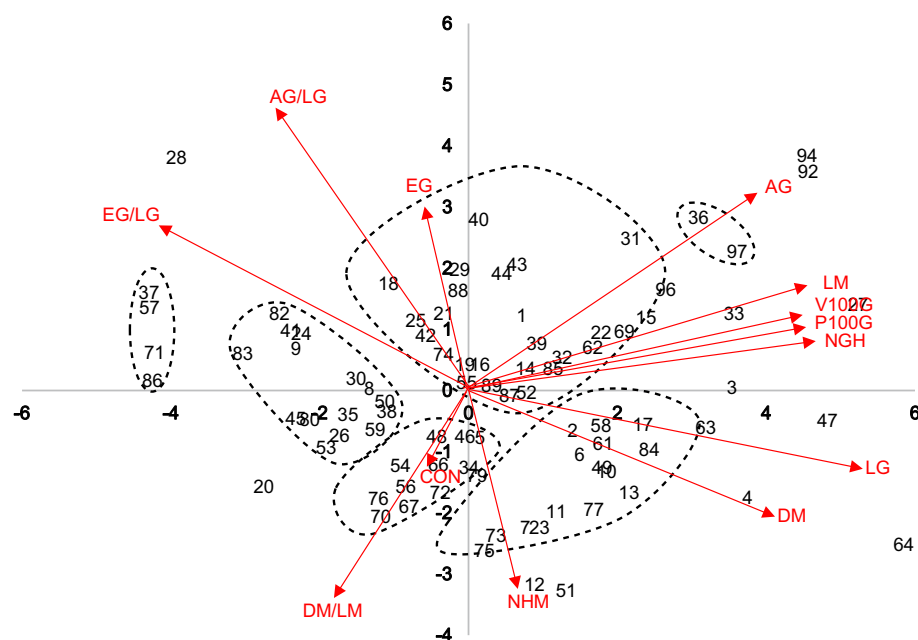


Figura 2. Dispersión de 91 poblaciones nativas de *Zea mays* L., del Altiplano de Tamaulipas, México, con base en los dos primeros componentes principales.

Grupo 4 y correspondieron a Tuxpeño Norteño y Tabloncillo×Elotes Occidentales y destacaron del resto por AG. El Grupo 5 se formó con 31 poblaciones pertenecientes a las razas Olotillo, Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Celaya, Elotes Occidentales y Cónico Norteño. Este Grupo destacó por presentar la mayor cantidad de variables en su definición (EG, AG, LM y V100G). El Grupo 6 se integró por cuatro poblaciones de la raza Ratón, las variables de mayor peso en su distribución fueron EG/LG, la cual influyó en la dispersión de las poblaciones 92 y 94 Tuxpeño y Olotillo×Tuxpeño; mientras que las poblaciones 12 y 51 pertenecientes a las razas Bolita×Ratón y Chalqueño×Tuxpeño fueron influenciadas mayormente por Número de Hilera por Mazorca. La representatividad racial del Altiplano a través de la cantidad de razas identificadas, así como variación de características de los recursos genéticos de maíz nativos, satisface diferentes requerimientos de

aprovechamiento, y cuyos atributos pueden dirigirse programas de manejo, aprovechamiento y conservación.

La relación de maíces del Altiplano se observa en la Figura 3, en el cual se distinguieron cuatro grupos poblacionales. El primero presentó la mayor densidad poblacional formada con 31 poblaciones: diez pertenecientes a Jaumave, dos con origen en Miquihuana, tres correspondientes a Palmillas y 16 a Tula. Mientras que el Grupo I se formó con 31 poblaciones correspondientes a las razas Ratón, Olotillo, Elotes Occidentales y Tuxpeño Norteño, así como variantes intermedias entre estas, cabe destacar que se encontró la presencia de la variante Nal-TelxRatón. Se registró, además, que 24 de las 31 accesiones correspondieron a alturas intermedias (1001-1800 m), seis de altitudes bajas (<1000 m) y una de ellas a una zona de transición (1801-2000 m). Asimismo, se observó la forma de la mazorca Cónica-Cilíndrica y Ci-

lindrica, tipo de grano semidentado y color de grano blanco cremoso y rojo. El Grupo II se integró por 13 accesiones: cuatro de Miquihuana, tres de palmillas y seis de Tula; en este grupo se registró a las razas Celaya, Ratón, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. También se observaron 11 accesiones provenientes de altitudes intermedias (1001-1800 m) y dos de transición (1801-2000 m), con forma de la mazorca fue Cónica-Cilíndrica y Cilíndrica, tipo de grano dentado, semidentado y semicristalino y color de grano blanco cremoso.

El Grupo III se formó por ocho accesiones de Tula, donde se identificaron las razas Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. Se observó que todas procedieron de altitudes intermedias (1001-1800 m), con forma de la mazorca Cónica-Cilíndrica y Cilíndrica, tipo de grano dentado, semidentado, así como color de grano blanco cremoso, amarillo claro y rojo. El grupo IV formado por 39 accesiones integró a 24 de Jaumave, tres de Miquihuana, tres de Palmillas y nueve de Tula, donde se identificó a las razas Ración, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Vandeño; observando 17 accesiones procedentes de altitudes bajas (<1000 m), 21 a altitudes intermedias (1001-1800 m) y tres de transición (1801-2000), con forma de la mazorca Cónica-Cilíndrica y Cilíndrica, tipo de grano dentado y semidentado, así como color blanco cremoso, amarillo claro, amarillo medio, naranja y azul. La diversidad de poblaciones de maíz en el Altiplano tamaulipeco podría estar influenciada, entre otros factores, por el intercambio de semilla entre agricultores de la región, y la diversidad ecológica regional, así como por preferencias.

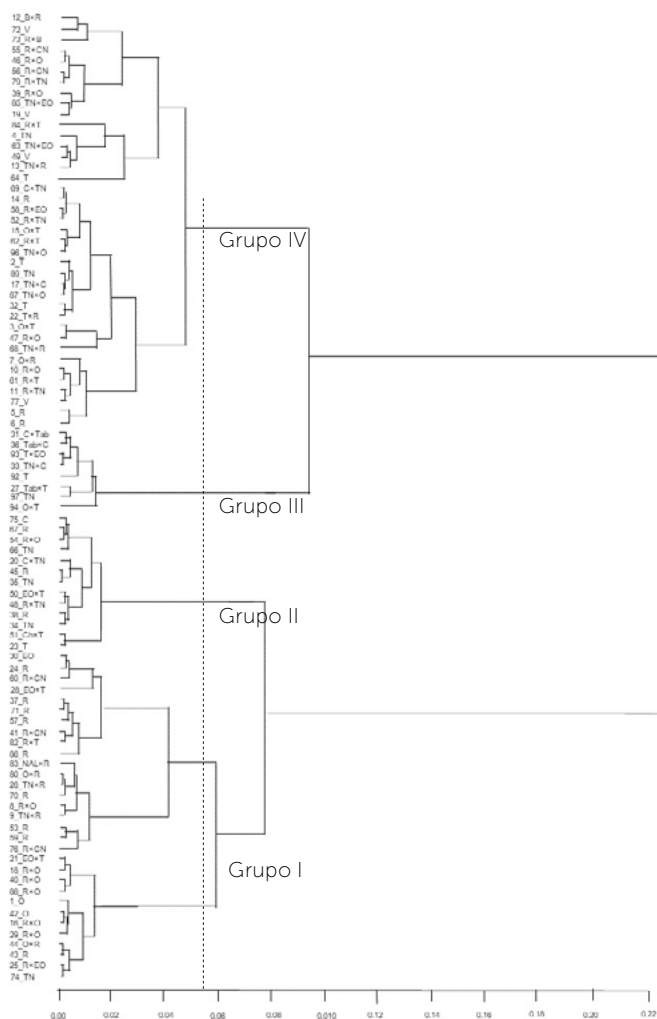


Figura 3. Dendrograma de 91 poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) del Altiplano de Tamaulipas, México, mediante el método WARD con distancias euclidianas.

CONCLUSIONES

El mayor número de poblaciones nativas de maíz fueron localizadas y recolectadas en los municipios de Tula y Jaumave, con 39 y 33 respectivamente. Se identificó un total de once razas nativas, y la predominante del Altiplano fue Ratón a la que pertenecieron 43 poblaciones originarias de Miquihuana, Tula, palmillas y Jaumave. La distribución altitudinal registró 62 accesiones en altitudes intermedias las cuales representaron a la mayoría de las accesiones, igualmente se identificó amplia diversidad morfológica en las variables de mazorca y grano. Es recomendable analizar la diversidad genética de estas poblaciones con herramientas moleculares.

AGRADECIMIENTOS

Al soporte económico otorgado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas a través del proyecto PRODEP con clave DSA/103.5/16/10526.

LITERATURA CITADA

- Arias L. M., Latournerie L., Montiel S., Sauri E. 2007. Cambios recientes en la diversidad de maíces criollos de Yucatán, México. *Universidad y Ciencia* 23 (1): 69-74.
- Castro N. S., Ramos O. V. H., Reyes M. C. A., Briones E. F., López S. J. A. 2011. Preliminary field screening of maize landrace germplasm from Northeastern Mexico under high temperatures. *Maydica*. 56(4): 77-82.
- Castro N. S., López S. J. A., Pecina M. J. A., Mendoza C. Ma. del C., Reyes M. C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana en Ciencias Agrícolas*. 4(4): 645-653.
- Eakin H., Perales H., Appendini K., Sweeney S. 2014. Selling maize in Mexico: the persistence of peasant farming in an era of global markets. *Development and Change* 45(1): 133-155.
- Gabriel K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58(3): 453-467.
- Herrera C. B. E., Castillo G. F., Sánchez G. J. J., Hernández C. J. M., Ortega P. R. A., Major G. M. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia*. 38(002): 191-206.
- Hortelano S. R. R., Gil M. A., Santacruz V. A., Miranda C. S., Córdova T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica Mexicana* 34(2): 189-200.
- López R. G., Santacruz V. A., Muñoz O. A., Castillo G. F., Cordova T. L., Vaquera H. H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Interciencia* 30(5): 284-290.
- Murray S. 1988. *Estadística*. 2a. edición. Editorial McGraw Hill. Madrid, España. 372 p.
- Ordás A de Ron A. M. 1988. A method to measure conicalness in maize. *Maydica* 23: 264-267.
- Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C., López S. J. A., Castillo G. F., Mendoza R. M., Ortiz C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnica Mexicana* 34 (2): 85-92.
- Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C., López S. J. A., Castillo G. F., Mendoza R. M., Reyes M. C. A. 2013. Genetic potential of S1 lines derived from native maize populations of Tamaulipas, México. *Maydica*. 58(2): 127-134.
- Pecina M. J. A., Mendoza C. M. C., López S. J. A., Castillo G. F., Mendoza R. M. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43(7): 681-694.
- Perales H. R., Benz B. F., Brush S. B. 2005. Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102(3): 949-954.
- Perales H. R., Brush S. B., Qualset C.O. 2003. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany*. 57(1): 7-20.
- Perales H., and Golicher D. 2014. Mapping the diversity of maize races in Mexico. *PLoS ONE*. 9(12). e114657. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0114657>
- Rendón A. B., Aguilar R. V., Aragón M. M. del C., Ávila C. J. F., Bernal R. L. A., Bravo A. D., Carrillo G. G., Cornejo R. A., Delgadillo D. E., Hernández C. G., Hernández H. M., López A. A., Sánchez G. J. M., Vides B. E., Ortega P. R. 2015. Diversidad de maíz en la sierra sur de Oaxaca, México: conocimiento y manejo tradicional. *Polibotanica*. 39: 151-174.
- Reyes M. C. A., Cantú A. M. A. 2006. Maíz. En: Rodríguez-del Bosque L. A. *Campo experimental Río Bravo: 50 años de investigación*

- agropecuaria en el norte de Tamaulipas, historia, logros y retos. INIFAP. México. pp: 55-74.
- Reyes M. C. A., Cantú A. M. A., Vázquez C. G. 2007. H-440. Nuevo híbrido de maíz tolerante a sequia para el noreste de México. Agricultura Técnica en México 33 (2): 201-204.
- Rincón S. F., Castillo G. F., Ruiz T. N. A. 2010. Diversidad y Distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo. México.
- Rocandio R. M., Santacruz V. A., Córdova T. L., López S. H., Castillo G. F., Lobato O. R., García Z. J. J., Ortega P. R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de Los Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana 37(4): 351-361.
- Rohlf F. J. 2009. NTSYSpc: numerical taxonomy system. Version 2.21c. Exeter Software: Setauket: New York.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide. Version 9.0. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Cierre de la producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Zorrilla, J. F. 1994. Tamaulipas monografía estatal. SEP. México. 211 p.

